



## Flächennutzungsmonitoring VI Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz

IÖR Schriften Band 65 · 2014

ISBN: 978-3-944101-65-1

### Wie zersiedelt ist noch nachhaltig? Erfassung und Bewertung urbaner Flächennutzungs- dynamik im Widerstreit unterschiedlicher Nachhaltigkeitsziele

*Stefan Fina*

Fina, Stefan (2014): Wie zersiedelt ist noch nachhaltig? Erfassung und Bewertung urbaner Flächennutzungsdynamik im Widerstreit unterschiedlicher Nachhaltigkeitsziele. In: Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VI. Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz. Berlin: Rhombos-Verlag, 2014, (IÖR-Schriften; 65), S. 201-211

# Wie zersiedelt ist noch nachhaltig? Erfassung und Bewertung urbaner Flächennutzungsdynamik im Widerstreit unterschiedlicher Nachhaltigkeitsziele

Stefan Fina

## Zusammenfassung

Die Landschaftszersiedelung ist ein fortschreitender und zumeist irreversibler Prozess, der aufgrund unterschiedlicher Wirkungsmuster planerisch begrenzt und gesteuert werden will. Im Grunde sind zwei Wirkkomplexe zu unterscheiden, die aus ökologischer und stadtplanerischer Sicht einer nachhaltigen Entwicklung entgegenstehen: (1) die Auswirkungen der Landschaftszersiedlung auf den Naturhaushalt im Sinne von Schädigung und Belastung vormals zusammenhängender Lebensräume. (2) Die mangelnde Ressourceneffizienz schlecht integrierter, weitläufiger und dünn besiedelter städtischer Strukturen. Leider stehen aus methodischer Sicht keine anerkannten Messinstrumente zur Verfügung, die eine integrierte Bewertung des Zustands bzw. der Trends der Landschaftszersiedelung leisten könnten. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich in diesem Kontext mit der Weiterentwicklung bekannter Landschaftsstrukturmaße zur Quantifizierung von Landschaftszersiedelung und mit den Anforderungen an GIS-Analyseinstrumente für deren Umsetzung.

## 1 Einführung

Zersiedlung wird nach Evert definiert als „ungeordnete Streuung von Einzelgebäuden, Industriebetrieben, Einkaufszentren, Wohngebieten...in der freien Landschaft mit der Folge der Zerstörung des Landschaftsbildes“ (Evert 2001, 755). Der hier erwähnte Begriff der Streuung wird vor allem in der US-amerikanisch geprägten Diskussion um den Urban Sprawl (= Landschaftszersiedlung) konkretisiert als eine Dispersion von urbanen Funktionen im Raum, die gegenüber einer kompakten Siedlung hoher Nutzungsdichten einen erhöhten Versorgungsaufwand mit sich bringen (Ewing et al. 2002; Galster et al. 2001). In der deutschsprachigen Diskussion dominiert der Begriff der Flächeninanspruchnahme, der über die Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche gemessen wird und lediglich quantitative Veränderungen der urbanen Landnutzung ausdrückt (UBA 2004). Die Erfassung von qualitativen Aspekten des Flächennutzungswandels werden aber auch hier vielfach angemahnt und sind mittlerweile im politischen Raum angekommen (Siedentop et al. 2007; LUBW 2007; Bundesregierung 2012; Rat für Nachhaltige Entwicklung 2012).

Eine Messmethode, die eine integrierte Bewertung des Zustands bzw. der Trends der Landschaftszersiedelung leisten könnte, ist derzeit nicht verfügbar – auch aufgrund der fehlenden Klarheit bezüglich der zu messenden Auswirkungen und Steuerungsziele, des „Indikandums“. Bislang gibt es nämlich keine quantifizierbaren Bewertungsmaßstäbe, ab wann negativ zu bewertende, „zersiedelnde“ Infrastrukturelemente sich unter Umständen in ihrem Zusammenspiel nicht doch zu einer wünschenswerten „kompakten“ Siedlungsform ergänzen. Zudem bleibt vielfach unbeachtet, in welchem Maße das Auffangen von Siedlungsdruck in einer Region mit entsprechenden Konsequenzen auf die Landschaftszersiedlung nicht erst den erfolgreichen Flächenschutz andernorts ermöglicht (vgl. auch Fina 2013).

Methodisch vielversprechende Ansätze zur Entwicklung eines adäquaten Messinstruments stammen aus der Schule der *landscape metrics* und den räumlichen Analysemethoden der *nearest neighbour*-Algorithmen, die allerdings einer sinnvollen Anpassung bedürfen. In diesem Beitrag wird zunächst argumentiert, dass datentechnisch in der Indikatorenentwicklung die bestehende Siedlungsstruktur und -dynamik sowie topographische Vorbedingungen und planerische Flächenschutzinstrumente zusammen zu betrachten sind. Es wird ein Indikatorkonzept vorgestellt, dass bei einer Bewertung nachhaltiger Entwicklungspfade zwischen Landschaftsfragmentierung und Nutzungseffizienz unterscheidet und damit einen Beitrag zur Ergänzung bislang bekannter Kennzahlen im Monitoring der Flächeninanspruchnahme leistet. Anhand von Simulationen und einer Workflow-Beschreibung für die Region Stuttgart wird aufgezeigt, wo der Informationsmehrwert, aber auch die Grenze im Einsatz dieses Konzeptes liegt.

## 2 Nachhaltigkeitsziele

Im Bereich der Landschaftszersiedelung kann aus einer Synthese der relevanten Literaturbeiträge geschlossen werden (vgl. Fina 2013 für einen Überblick), dass im Prinzip drei Nachhaltigkeitsbereiche tangiert werden, die für den Einsatz und die Entwicklung von Messmethoden konsequent unterschieden werden sollten:

### 2.1 Landschaftsfragmentierung und -zerschneidung

Fragmentierung und Landschaftszerschneidung beschäftigen sich primär mit der Störung des Naturhaushalts durch Siedlungs- und Verkehrsflächen. Eine Operationalisierung von Messmethoden stützt sich dabei auf Phasen der Landschaftsfragmentierung, die von Esswein et al. 2002 zur Herleitung des Indikators der „Effektiven Maschenweite“ verwendet wurden. Ziel dieser Messungen ist, insbesondere den Rückgang von Biodiversität einem Monitoring zu unterziehen, aber auch Effekte auf das Klima, Wasserhaushalt und Landschaftsqualität zu bewerten. Neben der „Effektiven Maschenweite“, die Eingang gefunden hat in das State of the Environment-Reporting der Europäischen

Umweltbehörde (European Environment Agency 2010), ist unter Federführung des Umweltbundesamtes auch der Indikator „Effektiver Freiraumanteil“ entwickelt worden (Ackermann et al. 2008).

Prinzipiell stehen damit für diesen Nachhaltigkeitsbereich Messmethoden zur Verfügung, die sich potenziell für ein Monitoring von Fragmentierung und Zerschneidung eignen.

## 2.2 Verlust agrarischer Produktionsflächen

Die Beeinträchtigung der Ressource „Boden“ durch die Flächeninanspruchnahme wird seit vielen Jahren insbesondere von Interessenvertretern der Landwirtschaft in den Fokus der Debatte gestellt, zuletzt über politische Initiativen des Deutschen Bauernverbandes<sup>1</sup>. Messmethoden zur Erfassung des Verlustes sind mit relativ einfachen Methoden aus den Datenquellen der amtlichen Statistik, aber auch aus anderen Quellen, wie z. B. dem integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem der Europäischen Kommission für eine Gemeinsame Agrarpolitik INVEKOS, auslesbar. Probleme mit der zeitlichen Konsistenz der Datenquellen stellen die Ergebnisse vereinzelt in Frage, aus methodischer Sicht gilt aber auch für diesen Nachhaltigkeitsbereich, das robuste und praxistaugliche Instrumente zur Bemessung des landwirtschaftlichen Produktionsflächenverlustes verfügbar sind.

## 2.3 Nutzungseffizienz

Derselbe Schluss kann leider nicht für die Quantifizierung der Nutzungseffizienz gezogen werden. In diesem Bereich bestehen die größten Defizite, auch wenn mit Dichteindikatoren, d. h. mit der Anzahl der Nutzer von Infrastruktur und Fläche, erste prinzipielle Aussagen zur Nutzungseffizienz eines gegebenen Untersuchungsraums getroffen werden können (Fina et al. 2014). Der Einfluss der Raumstruktur und der siedlungsstrukturellen Charakteristika der Landschaftszersiedlung, die die Überwindung von Raumwiderständen bedingen, werden damit nicht erfasst. Deshalb werden für diesen Bereich im nächsten Abschnitt die konzeptionellen Anforderungen an eine Indikatorentwicklung im Detail vorgestellt

# 3 Quantifizierung von Nutzungseffizienz

## 3.1 Granularität der Datengrundlagen

Der Indikatorentwurf zur Messung von Nutzungseffizienz beschäftigt sich mit dem Indikandum der Dispersion von städtischen Landnutzungen im Raum. Zahlreiche Autoren argumentieren, dass die Versorgung von Stadtsystemen umso ineffizienter ist, je

<sup>1</sup> Vgl. <http://www.bauernverband.de/flaechenschutz> (Zugriff: 04.07.2014).

dispenser im Raum die mit Infrastruktur zu versorgenden Wohn-, Industrie- und Gewerbeflächen verteilt und je länger die zu überbrückenden Distanzen für die Akteure im Raum sind (siehe Referenzen in Abb. 1). Bei der Bewertung von Dispersion ist die Granularität der Beobachtungsebene von entscheidender Bedeutung. Torrens et al. (2000) sprechen hier von der Agency of Urban Sprawl. Damit sind die in Abbildung 1 dargestellten Geoobjekte gemeint, die zur Messung von Dispersion herangezogen werden können.

Auf der Ebene von Haushalten werden in der Regel die attribuierten Gebäudegrundrisse oder 3D-Objekte herangezogen als die genaueste Beobachtungsebene von z. B. Mobilitätsverhalten der Bevölkerung oder der Bewertung des Aufwands zur Infrastrukturversorgung. Auch wenn die Hausumrisse zur Verfügung stehen, ist hier der Erhebungsaufwand für die Attributierung erheblich und stößt häufig an die Grenzen des im Rahmen des Datenschutzes möglichen.




Detailgrad	Beispiel aus der Region Stuttgart	Referenzen	Begründung
Haushalte/ (hier Wohn-) Gebäude		Galster et al. 2001; Wolman et al. 2005	„Agenten der Aktivität“: Interaktionsquellen und -ziele für Mobilität und Infrastrukturversorgung
Baulich geprägte Flächen (Wohnen, Gewerbe, Mischnutzung)		Angel et al. 2007; Tsai 2005; Glaeser et al. 2001; Torrens 2008	Quelle und Ziel von Mobilität und Infrastrukturversorgung, Nutzungsmischung
Urbane Fußabdrücke/ Ortslagen		Kasanko et al. 2006; Frenkel et al. 2008; Jaeger et al. 2010	„Leapfrogging“: Trennung zwischen Siedlungskörpern, Abweichung von kompakten Siedlungsformen

Abb. 1: Granularitätsebenen zur Messung von Dispersion (verändert nach Fina 2013)

In der nächsthöheren Aggregatsebene sind mit sozio-demografischen und Nutzungsmerkmalen attribuierte Baublöcke (z. B. aus ATKIS, aber auch aus den Blöcken lokaler Flächennutzungsplanung) eine praktikable und hinreichend genaue Datengrundlage. Hiermit kann die innerstädtische Nutzungsmischung und Dispersion von Quellen und Zielen von Mobilität und Infrastrukturversorgung abgebildet werden, was in der nächsthöheren Ebene der Ortslagen nicht mehr möglich ist. Diese binäre Maske unterscheidet lediglich zwischen Siedlungsfläche- und Nichtsiedlungsfläche und bewertet deren Lage zueinander im Sinne von Dispersion. Ohne weitere Informationen zur Einwohnerverteilung

lung innerhalb dieser Siedlungen bleiben derartige Analysen aber häufig rein theoretischer Natur, mit eingeschränkter Relevanz für die Planungspraxis.

### 3.2 Messkonzept

Basierend auf der Granularität von Haushalten und Wohngebäuden idealerweise, zumindest aber von nutzungs- und einwohnerattributierten Bauflächen, sind folgende Überlegungen für ein Messkonzept von Bedeutung, die dem intensiven Studium der relevanten Literatur und den Informationsanforderungen der Planungspraxis entstammen (siehe hierzu auch Fina 2013).

Die Messbarkeit der Konfiguration von Gebäuden bzw. Bauflächen gegenüber einem normativen Referenzszenario ist zentraler Bestandteil eines Indikatorkonzepts. Methoden zur Messung von Dispersion operieren hier häufig im freien Raum, d. h. die Bewertung hängt allein von den Distanzen zwischen den Objekten zueinander ab (z. B. bei Nearest Neighbour-Analysen). Realistischer wäre, die aktuelle Konfiguration von Gebäuden/Bauflächen gegenüber einem Worst-Case-Szenario einer maximal denkbaren Dispersion der vorhandenen Gebäude/Bauflächen im für Siedlungszwecke verfügbaren Raum zu messen.

Damit können topografische oder planerische Restriktionen für die Siedlungsentwicklung berücksichtigt werden, die als gegebene Einschränkungen die planbare Konfiguration von zersiedelnden Gebäuden/Bauflächen maßgeblich vorgeben.

Zudem ist das Eigenversorgungspotenzial größerer Siedlungskerne zu beachten, da diese in der Bewertung nicht zur Dispersion beitragen, sondern Konzentrationspotenzial für Versorgungsfunktionen bieten und damit einen Beitrag zur effizienten Versorgung von Bevölkerung und Industrie im Nahbereich leisten.

Ebenso zu berücksichtigen ist, dass die Distanzen zwischen den zur Dispersion beitragenden Objekte besser durch Netzwerkdistanzen als durch Luftlinien abgebildet werden. Die Methodik der Nearest Neighbour-Analysen lässt sich weitaus praxisnäher implementieren, wenn mit GIS-Methoden die tatsächlichen Netzwerkentfernungen entlang eines bestehenden Straßennetzwerks verwendet werden, anstatt hypothetische direkte Verbindungen zu messen.

### 3.3 Implementierung

In Abbildung 2 wird der Workflow für die Implementierung des Dispersionsindex aufgezeigt, so wie er in gängigen GIS-Anwendungen umgesetzt werden kann. Von entscheidender Bedeutung ist die Normierung des Dispersionsindex für zentrale Orte mit Eigenentwicklung, d. h. die Distanzen zwischen Gebäuden/Bauflächen innerhalb eines eigenversorgten Ortsgefüges gehen nicht in die Dispersionsberechnung mit ein.

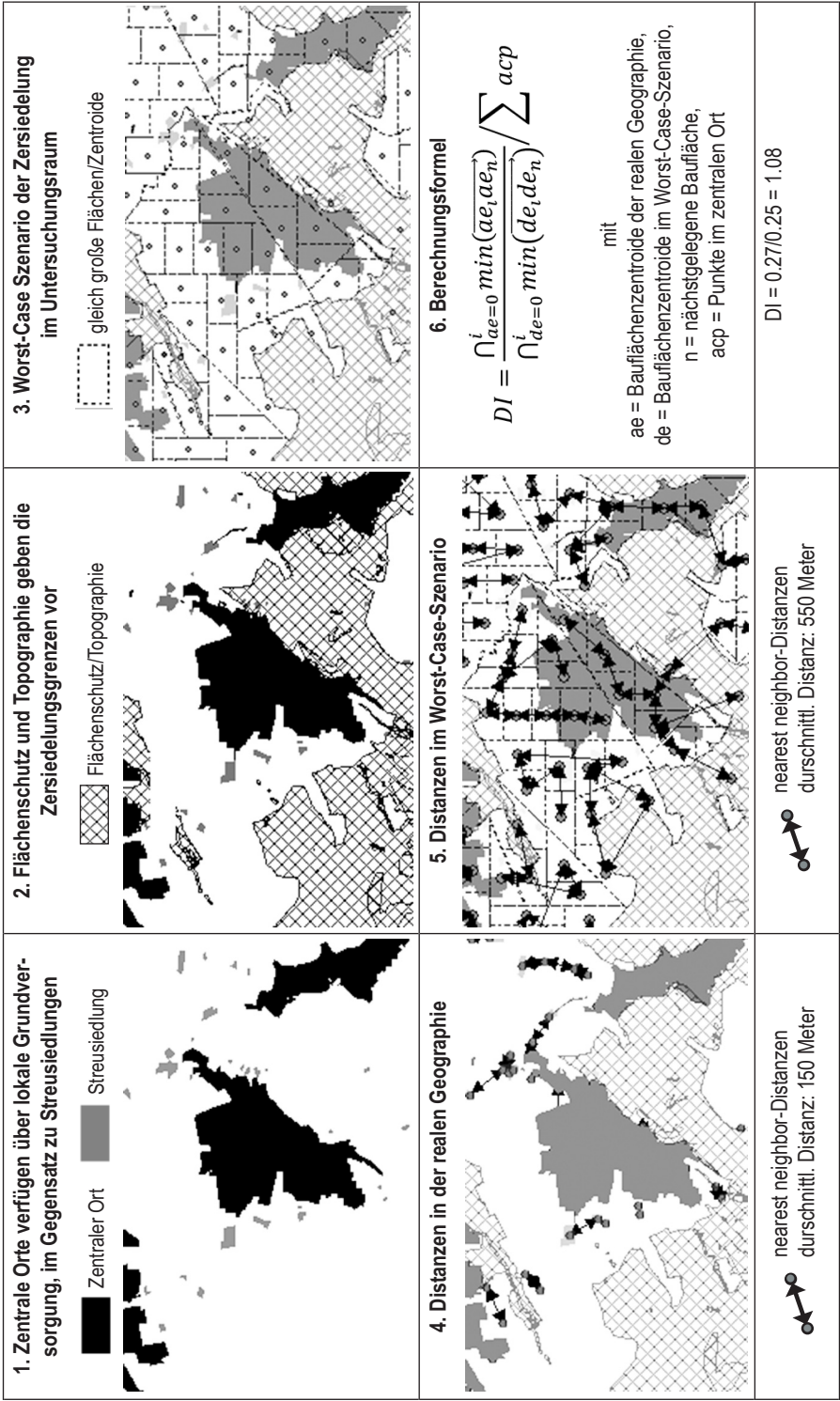


Abb . 2: Berechnungsschritte des Dispersionsindex (verändert nach Fina 2013)



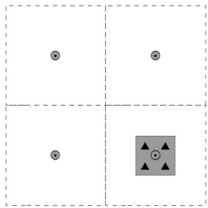
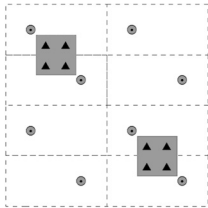
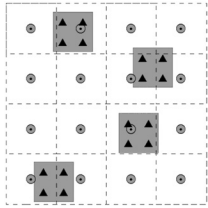
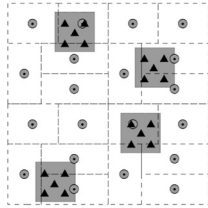
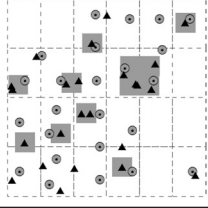
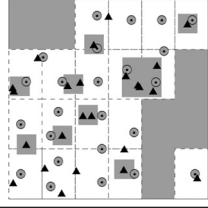
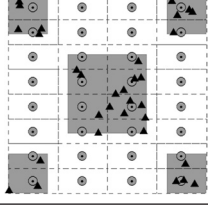
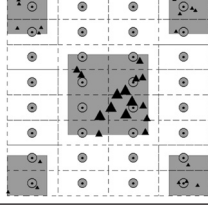
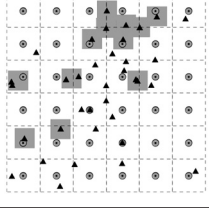
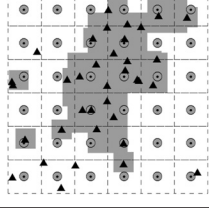
<p>▲ Gebäude/Bauflächen: Echte Lage      □ Freiraum</p> <p>● Gebäude/Bauflächen: Worst-Case-Verteilung      ■ Siedlungsflächen mit zentralörtlichem Status</p>		
Dispersion steigt bei isoliertem Siedlungsflächenwachstum auf der „grünen Wiese“ (greenfield development)	<b>Var. 1: ländlich</b> (n=4, DI=0,8)	<b>Var. 2: gestreut</b> (n=8, DI=1,14)
		
Dispersion sinkt bei Innenentwicklung (innerhalb von Ortslagen mit substantieller Eigenversorgung = zentralörtlicher Bedeutung von Unterzentren)	<b>Var. 3: „grüne Wiese“</b> (n=16, DI=3,2)	<b>Var. 4: Innenentwicklung</b> (n=20, DI=1,75)
		
Dispersion sinkt bei Berücksichtigung von Flächenschutz und Topografie (= Entwicklungsgrenzen)	<b>Var. 5: dispers</b> (n=24, DI=2,78)	<b>Var. 6: begrenzt</b> (n=24, DI=2,9)
		
Dispersion berücksichtigt unterschiedliche Konzentrationen von Agenten, hier: Einwohnerzahl pro Zelle, über Gewichtungen	<b>Var. 7: Dekonzentration</b> (n=32, DI=0,95)	<b>Var. 8: Konzentration</b> (n=32, DI=0,51)
		
Dispersion reagiert auf die Konzentration und das Zusammenwachsen urbaner Funktionen zu einem verbundenen Siedlungsgefüge, z. B. bei polyzentraler Entwicklung	<b>Var. 9: „leapfrogging“</b> (n=36, DI=5,17)	<b>Var. 10: polyzentral</b> (n=36, DI=1,48)
		

Abb. 3: Simulierte Eigenschaften des Dispersionsindexes (verändert nach Fina 2013)



Abbildung 3 dient der Illustration dieser Überlegungen mit schematischen Darstellungen simulierter Gebäude-/Bauflächenkonzentrationen. Die entscheidende technische Herausforderung für die Implementierung ist die Erstellung des Worst Case-Szenarios, gegenüber dem die tatsächliche Konfiguration von Gebäuden/Bauflächen gemessen werden soll. Hierfür wird mit einem eigens programmierten ArcGIS-Tool das Untersuchungsgebiet (z. B. Gemeinde) iterativ in jeweils gleich große Gebiete geteilt, solange, bis die tatsächliche Anzahl der Gebäude/Bauflächen erreicht ist. Das Untersuchungsgebiet kann hier um Flächenschutzkategorien, die für eine Besiedlung nicht zur Verfügung stehen, verkleinert werden (siehe Variante 6 in Abb. 3). Damit entsteht im Ergebnis die maximal denkbare Zersiedlung im Untersuchungsgebiet, wobei die maximalen Distanzen zwischen allen Bauflächenzentroiden oder Gebäuden auftreten. Die Einwohnerattribute von Gebäuden/Bauflächen werden dabei ebenfalls gleichverteilt, d. h. es gibt keine zentralörtlichen Abstufungen im Worst Case-Szenario. Die wichtigsten Eigenschaften, die in der Planungspraxis für die Bewertung der Zersiedlung relevant sind, beziehen sich auf die in Abbildung 3 dargestellten unterschiedlichen Entwicklungspfade, die mit Innenentwicklung, Konzentration und Polyzentralität gesteuert werden können (siehe Varianten 4, 8 und 10). Hier schlagen die Messwerte an, d. h. der Dispersionsindex wird gegenüber dem simulierten Vergleichsszenario kleiner.

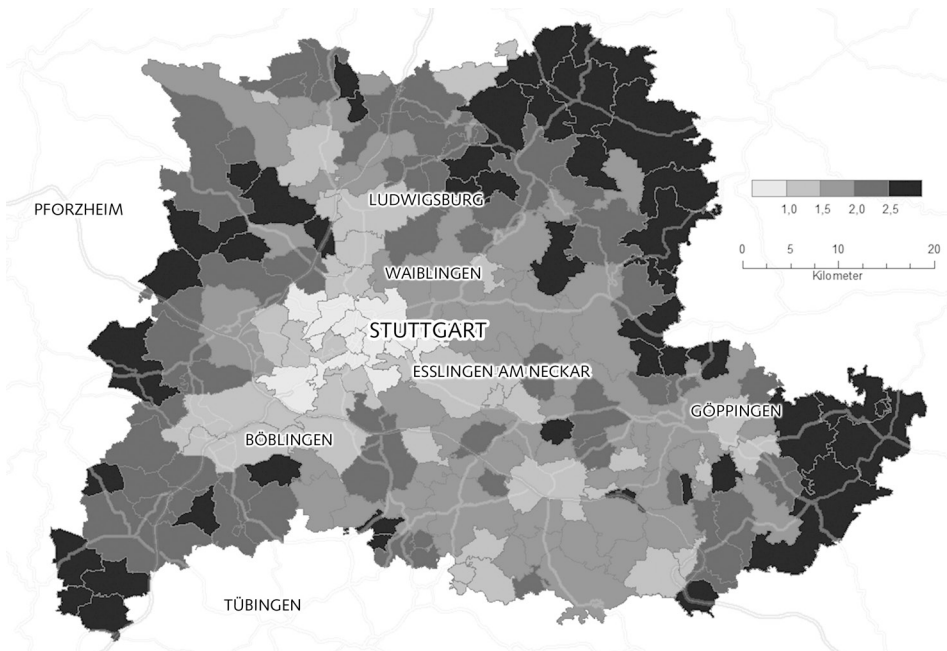


Abb. 4: Implementierung des Dispersionsindex (Quelle: eigene Darstellung)

Eine regionsweite Implementierung für alle 201 Kommunen in der Region Stuttgart wird in Abbildung 4 kartografisch generalisiert. Datengrundlagen sind hier die Gebäude der ALK mit ihrer Nutzung und eine disaggregierte Bevölkerung, die von infas Wohnquartieren<sup>2</sup> auf die Wohngebäude nach Grundfläche umgelegt wurde.

Der mittlere Dispersionsindex zeigt hier eine starke Unterscheidung zwischen den eigenversorgten städtischen Gebieten im Zentrum und den ländlich zersiedelten Strukturen in der Region. Insbesondere die topografisch und planerisch wenig restringierten Flächen im Nordosten (Hohenlohe-Franken) sowie im Südosten auf den Hochflächen der Schwäbischen Alb haben die höchsten Dispersionswerte. Für weiterführende Interpretationen und Umsetzungen des Indikators, insbesondere auch einer umfassenden Ergebnisvalidierung muss auf künftige Veröffentlichungen verwiesen werden.

## 4 Fazit

Im vorliegenden Beitrag wird aufgezeigt, dass die Methodenentwicklung zur Bewertung der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedlung nur in Teilbereichen erfolgreich ist, z. B. in der Entwicklung von Indikatoren zur Quantifizierung der Flächeninanspruchnahme, zur Bewertung der Landschaftsfragmentierung und für Dichtekennzahlen, nicht aber für die vergleichende Messung von Nutzungseffizienz im Sinne von dispersen Konfigurationen von Gebäuden und Bau-/Siedlungsflächen. Gerade dieser Aspekt ist aber ein zentrales Charakteristikum der Landschaftszersiedlung und wird deshalb als eigenständiges Indikandum zum Gegenstand einer Indikatorkonzeption. Die Konzeption wird mithilfe von simulierten Bewertungsszenarien und einer Arbeitsanleitung für einen Dispersionsindex detailliert vorgestellt. Interessierte Forscher sind eingeladen, an einer Weiterentwicklung, die hier mit einer ersten Implementierung für die Region Stuttgart angegangen wurde, mitzuwirken.

## 5 Literatur

Ackermann, W.; Schweiger, M. (2008): F+E-Vorhaben Indikatoren für die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt – Bericht zur PAG „Zersiedelungsindikator“. PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH, München.

Angel, S.; Parent, J.; Civco, D. (2007): Urban Sprawl Metrics: an analysis of global urban expansion using GIS. ASPRS 2007 Annual Conference. Tampa, Florida.

---

<sup>2</sup> Datengrundlagen: Infas Wohnquartiere Stand 2010, GeoStreet+ 2010 (Straßennetz, administrative Gebietsgliederung, Beschriftungen (Quelle: <http://www.nexiga.com/informationen/digitale-karten/>) (Zugriff: 18.08.2014), ALK: Automatisiertes Liegenschaftskataster Baden-Württemberg; Digitales Landschaftsmodell 1:25 000 ATKIS, Stand 2011 (Quelle: Räumliche Informations- und Planungssystem der Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz Baden-Württemberg).

- Bundesregierung (2012): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie – Fortschrittsbericht 2012. Nachhaltigkeitsstrategie für Deutschland [Online].  
[http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Publikation/Bestellservice/2012-05-08-fortschrittsbericht-2012.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Publikation/Bestellservice/2012-05-08-fortschrittsbericht-2012.pdf?__blob=publicationFile) (Zugriff: 08.02.2013).
- Esswein, H.; Jaeger, J.; Schwarz-von Raumer, H.-G.; Müller, M. (2002): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg, Arbeitsbericht 214, Juni 2002. Akademie für Technikfolgenabschätzung Stuttgart.
- European Environment Agency (2010): The European environment – state and outlook 2010: Land Use, SOER 2010. European Environment Agency, Copenhagen.
- Evert, R. H. (2001): Lexikon Landschafts- und Stadtplanung: Mehrsprachiges Wörterbuch über Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt, Springer, Berlin-Heidelberg.
- Ewing, R.; Pendall, R.; Chen, D. (2002): Measuring sprawl and its impact. Smart Growth America.  
<http://www.smartgrowthamerica.org/documents/MeasuringSprawl.PDF> (Zugriff: 08.02.2013).
- Fina, S. (2013): Indikatoren der Raumentwicklung. Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung. Dissertation zum Dr. rer. nat. am Geographischen Institut der Eberhard Karls Universität Tübingen.  
<http://tobias-lib.uni-tuebingen.de/volltexte/2013/6978/>
- Fina, S.; Krehl, A.; Siedentop, S.; Taubenböck, H.; Wurm, M. (2014): Dichter dran! Neue Möglichkeiten der Vernetzung von Geobasis-, Statistik- und Erdbeobachtungsdaten zur räumlichen Analyse und Visualisierung von Stadtstrukturen mit Dichteoberflächen und -profilen. Raumforschung und Raumordnung 72(3)/2014, 179-194.
- Frenkel, A.; Ashkenazi, M. (2008): Measuring urban sprawl: how can we deal with it? Environment and Planning B, 35/2008, 1-24.
- Galster, G.; Hanson, R.; Wolman, H.; Coleman, S. (2001): Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. Housing Policy Debate, 12/2001, 681-717.
- Glaeser, E. L.; Kahn, M. E. (2001): Decentralized Employment and the Transformation of the American City, NBER Working Paper Series, Working Paper 8117. National Bureau of Economic Research Cambridge, MA.
- Jaeger, J.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Cavens, D.; Kienast, F. (2010): Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl. Ecological Indicators, 10/2010, 427-441.
- Kasanko, M.; Barredo, J. I.; Lavalle, C.; McCormick, N.; Demicheli, L.; Sagris, V.; Brezger, A. (2006): Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas. Landscape and Urban Planning, 77/2006, 111-130.
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2007): Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme und flächensparenden Siedlungsentwicklung in Baden-Württemberg.  
[http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/25922/indikatoren\\_zur\\_flaecheninanspruchnahme.pdf?command=downloadContent&filename=indikatoren\\_zur\\_flaecheninanspruchnahme.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/25922/indikatoren_zur_flaecheninanspruchnahme.pdf?command=downloadContent&filename=indikatoren_zur_flaecheninanspruchnahme.pdf) (Zugriff: 08.02.2013).

- Rat für Nachhaltige Entwicklung (2012): Empfehlungen des RNE zur Stärkung der Innenentwicklung in Städten Vorschläge zur Novelle des Baugesetzbuches zur Baulandpotenzial- und -bedarfsermittlung. Referentenentwurf, Stand 11.06.2012 (Online).  
[http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/RNE\\_Stellungnahme\\_Staerkung\\_der\\_Innenentwicklung\\_in\\_Staedten\\_27-09-2012.pdf](http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/RNE_Stellungnahme_Staerkung_der_Innenentwicklung_in_Staedten_27-09-2012.pdf) (Zugriff: 08.02.2013).
- Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lücke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele, Forschungen. Heft 130. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.
- Torrens, P. M. (2008): A Toolkit for Measuring Sprawl. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1/2008, 5-36.
- Torrens, P. M.; Alberti, M. (2000): Measuring sprawl. CASA Paper 27. Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, London.
- Tsai, Y.-H. (2005): Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban Studies*, 42(1)/2005, 141-161.
- UBA – Umweltbundesamt (2004): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr – Materialienband, UBA-Texte 90/03. Umweltbundesamt, Berlin.
- Wolman, H.; Galster, G.; Hanson, R.; Ratcliffe, M.; Furdell, K.; Sarzynski, A. (2005): The Fundamental Challenge in Measuring Sprawl: Which Land Should Be Considered? *The Professional Geographer*, 57(1)/2005, 94-105.